社がイオン交換膜を使用したクロロマト (Cloromat) と言う装置を売り出している²¹⁾。日本では通産省の技術開発補助金を受けて旭化成が独自に開発したイオン交換膜によるカ性ソーダを年間 4,400 屯のプラントでテスト中とのことである²²⁾。イオン交換膜を使用した電槽について公表されているものを表 6 に示す。本技術の実用化には経済的評価を合せて未だ時間を要すると思われるが、この 1~2 年の進歩が大きく期待されるところである。

む す び

ソーダ工業の技術は 1960 年代後半から 1970 年代の前半にかけて大きな進歩と改善が急速に展開され、ソーダ工業のイメージを大きく変えた。しかもこの展開は今も急速に行われている。しかしソーダ工業は電解工業であるため大量の電気量を必要とし、電力の消費が極めて大きい。更に隔膜法の場合はカ性ソーダの濃縮のために大量の蒸気を必要とする工業である。最近エネルギーコストの上昇が国際的に問題になっている時、ソーダ工業の将来を考えた場合エネルギー節減への努力が緊急の要務である。それにはプロセス設計の最適化、電槽の設計、蒸発缶の設計、陽極、隔膜の材料は勿論、その他製造設備の材料の開発等全般の分野に関して化学工学的考察、材料工学的考察、電気化学的考察等システムティックな協力のもとで、本問題の解決に努力して行く必要がある。近年これらに関する報文も多く発表されるようになった。2~3 の例をあげると、A. Schmid 氏の電解設備における経済性の理論的考察²⁴⁾、MacMullin 氏の電解槽の操業条件に関するプログラミング²⁵⁾、日根氏、安田氏等の隔膜内の電圧降下や電解液の流動に関する考

察²³⁾など興味深い報文がある。紙面の都合でこれらについて述べるのが出来ないのは残念である。ソーダ工業の技術開発に大きな期待をもって筆をとどめたい。

文 献

- 1) 日本ソーダ工業会資料 (1972 年 11 月)
- 2) オロンチオデノラ・中村正; 日化協月報, 22, No.12, 5 (1969)
- 3) 日本ソーダ工業会資料 (ソーダ工業技術研究会資料, 昭和 48 年度 (2))
- 4) J.C. Davis: *Chem. Eng.*, 81, No.4, 84 (1974)
- 5) 日本ソーダ工業会資料 (1971 年 3 月)
- 6) Oil Point and Drag Repoter, Jan., 120 (1972)
- 7,8) 日本ソーダ工業会資料 (1973)
- 9) 永村正夫: 日化協月報, 27, No.3, 14 (1974)
- 10) E.C.N., July, 13 (1973)
- 11) 日本ソーダ工業会資料, ダイヤモンド・シャムロック・コーポレーション資料
- 12,14) 福田尚三: 塩ビとポリマー, 11, No.11, 28 (1971)
- 13) 沢田誠二: ソーダと塩素, 22, No.3, 1 (1971)
- 15) 石川島播磨重工業株式会社提供
- 16) H.C. Twiehaus, H.T. Ehlers: *Chem. Ind.*, No.7, No.8 (1948)
- 17) Mapston, G.E.: *Chem. Eng.*, 80, No.11, 122 (1973)
- 18) 川崎成武: 化学経済, No.5, 40 (1974)
- 19) 江原 亮: 日本テクノシステム発表資料 (1973)
- 20) J.E. Davis: *Chem. Eng.*, 81, No.4, 84 (1974)
- 21) 日本ソーダ工業会資料 (1973)
- 22) 江原 亮: 技術と公害, 3, No.5, 38 (1973)
- 23) 日根・安田: *J. Electro. Chem. Soc.*, 118, No.1, 166, 182 (1971)
- 24) A. Schmidt: *J. Electro. Chem. Soc.*, 118, No.12, 2046 (1971)
- 25) MacMullin, R.B.: 電気化学, 38, No.8, 570 (1970)
- 26) 上田忠雄・皆川源信: 電気化学, 36, No.8, 584 (1968)
- 27) 嘉村和好: 技術と公害, 3, No.5, 26 (1973) 及び日本ソーダ工業会シンポジウム (1973)
- 28) 瀬谷博道: 技術と公害, 3, No.5, 32 (1973)
- 29) 山本 卓: 化学工業, 24, No.12, 74 (1973)
- 30) 日本ソーダ工業会シンポジウム資料 (1973)
- 31) H. Kaden and K. Schwako; *Chem. Tech.*, 18, No.2, 87 (1967)

二酸化塩素製法の変遷とその背景*

松 岡 和 男**

1. パルプ漂白剤としての二酸化塩素

日本における製紙用パルプの製造には、主としてクラフト法が行われている。亜硫酸パルプに比し、漂白し難いこのパルプを漂白し、白い紙とするためには、塩素や

苛性ソーダももちろん使用されているが、二酸化塩素なくしては、上質紙を生産することはできない¹⁾。

二酸化塩素は、セルロースをほとんど痛めることなく、リグニンその他の着色物質を溶解あるいは脱色する漂白剤としては申し分のない性質を持っている。

すなわち、

- 1) パルプの強度低下なしに、高白色度がえられる。

* 昭和 49 年 4 月 24 日受理

** Kazuo Matsuoka 保土谷化学工業(株) 化学機械部

- 2) 不透明度が向上する。
- 3) パルプの歩留が、他の漂白剤よりよい。
- 4) 白色度の安定性がよい。
- 5) 漂白のステップが少なくてすむ。

などの特長がある。しかし二酸化塩素は、比較的不安定な物質で²⁾、濃厚溶液や圧縮ガスあるいは液化ガスにできないため、輸送や長期貯蔵が困難で、使用する箇所で発生させなければならないこと、腐食性が強く、発生装置およびこれを用いる漂白装置の製作に適した工業材料が近年までなかったこと、その上に毒性が比較的大きい（処理限度は 1 ppm とされている）ことなどから、実用化までには、かなりの年月がかかった。

2. 二酸化塩素の発見

二酸化塩素 (ClO_2) と同定はされなかったが、1802 年 Chenevix³⁾ が塩素酸カリウムと濃硫酸を加熱して、黄緑色の気体をえたことと報告した。ついで 1811 年 Davy⁴⁾ は塩素酸カリウムと塩酸とより、黄色のガスが発生することを認め、それに Euchlorine と名づけた。Millon⁵⁾ はこのガスは Cl_2O_3 であるとしたが、Gazarolli と Thurnklakl は 1881 年に Cl_2 と ClO_2 の混合物であることを示した。Schmidt⁶⁾ は木材の薄片を二酸化塩素で処理して、リグニンを溶解し、顕微鏡標本を作成した。処理された薄片は白かったため、Schmidt は二酸化塩素でパルプを漂白する特許をとった⁷⁾。しかし二酸化塩素はその不安定性のため、工業的に応用されず、実験室的な漂白剤の域を出なかった。

3. 工業的製法の開発

初期の二酸化塩素の工業的製法の開発目的は、パルプ漂白用ではなく、亜塩素酸ナトリウム (NaClO_2) の製造用であった。亜塩素酸ナトリウムは、塩素や酸を加えることによって、容易に二酸化塩素を発生するが、逆に二酸化塩素を経由しなければ、製造することのできない化合物である。すなわち二酸化塩素を輸送可能な型態に固定したものと考えられ、繊維の漂白精練用に、今日でも使用されている。

3.1 マチソン法

アメリカの Mathieson Alkali Works (現在 Olin Corp.) は、自身の工場では亜塩素酸ナトリウムを生産するために、1930 年代より研究を重ね、1940 年代に二酸化イオウによる還元プロセスを工業化した⁸⁾。

すなわち、つぎの反応を利用する製法である。

第 1 号の設備は同社のナイアガラにある工場に設置されたが、オンサイトプラントとして、専門外のいわば素

人が使えるようになるまでには、さらに開発の努力が必要であった。

3.2 ラブソン-ウェイマン法⁹⁾

第 2 次大戦中、塩素が品不足となり、パルプ漂白への使用が制限された。そこで塩素に代る漂白剤の開発を目的に研究したのが、当時カナディアン・インターナショナル・ペーパーに在職したラブソン (現在トロント大学教授) である。彼は二酸化塩素が、最もよい代替品であるという結論をくだした。しかし、オンサイトプラント用としてのプロセスは、まだ確立されていなかったもので、彼自身それを開発せねばならなかった。その結果生れたのが、塩素酸ナトリウムと二酸化イオウを原料とする Rapson-Waymann 法であった。

この方法を用いたプラントは、1946 年 6 月 1 日、カナダのケベック州テミスカミングで始めて運転された。設備能力は二酸化塩素で 1 T/D であった。次いで 1950 年にはカナダで二つ、米国で一つのプラントが運転に入った。

この方法は、収率が他法に比べて悪かったが、二酸化イオウを多量に使用している亜硫酸パルプ工場においては、新規購入原料として、塩素酸ナトリウムを追加するだけでよかったし、反応装置も簡単なものであったから、化学装置の運転に習熟した運転員のいないパルプ工場においては、オンサイトプラントとして、時宜をえたものであったといえよう。

しかし収率の悪い点で、いずれ他方式に置き換えられるべき運命にあった。

3.3 その他の方法

1946 年には他の方式によるプラントも運転を開始している。すなわちスウェーデンの Mo och Domsjö と Stora の 2 社である。前者は塩素酸ナトリウムを二酸化イオウで、バッチ還元をする Holst 法、後者は還元剤として硫酸クロムを使用する Persson 法であった。

これらは運転操作上の問題や、能率の点で、歴史上のプロセスとして文献に現われているに過ぎない。

3.4 日本での動き

第 2 次大戦が終って、連合軍が各地で集めた技術情報は、PB レポートとなって、ほどなく我々の目にも入るようになった。これにより IG などの状況も判明し、1947 年ころより 7~8 年間は、我国での二酸化塩素発生に関する研究が、最も活発に行われた期間である。保土谷化学と日本カーリットの両社は、1951 年相ついで、繊維漂白用の亜塩素酸ナトリウムを発売した。また日産化学や旭化成においても、この製造研究が行われた。

日本曹達は、高度晒粉を製造する際に副生する塩素酸カルシウムを原料として、塩酸で還元する独自の日曹法

図1 R-2法のフローシート

を開発した。これは Kesting 法¹⁰⁾の原料転換をしたものと考えられるが、1955年、王子製紙春日井工場において、我国初のパルプ製造工場におけるオンサイトプラントとしての荣誉を担うこととなった。

4. 収率向上

二酸化塩素を使用して漂白することが、当り前のことになり、その消費量も増大してくると、人々の関心は、いかに原単位を向上させるかという方向に向いてくる。

1940年代の終りから、1950年代の初め、何人かの研究者が、二酸化塩素発生機構につき研究した^{11,12)}。例えば、TaubeとDodgen¹³⁾は、第2次大戦後出廻り始めた放射性同位元素を、いち早く使った研究を行っている。これらの研究の結果、塩素酸ナトリウムが還元されて、二酸化塩素になる過程は、いくつかの素反応に分れ、そしてその素反応には、塩素イオンが関与していることがわかった。これは言いかえると、二酸化塩素発生機の内部には、必ず塩素イオンが存在していなければならないということであって、もし塩素イオンが足りなければ、二酸化塩素が発生しないか、もしくは二酸化塩素を発生させるための原料である塩素酸ナトリウムが、自動的に塩素イオンにまで過還元されて、必要量の塩素イオンを生産するという、塩素酸ナトリウムの浪費が起ることを示唆している。この浪費を押えるためには、原料の塩素酸ナトリウムに食塩を添加してやればよいわ

けであって、その添加効果は、1956年6月Olin Mathieson社のNorthgraveらによって発表された^{14,15)}。これはWest Virginia Pulp and Paperにおける工業規模の発生装置で、収率が90%程度から、95~97%に上昇したという報告であった。

また他にもマチソン法発生系に、第2反応器を付属させて2段階に反応させることにより、流失する廃液中の塩素酸ナトリウムを減少させたり、発生する二酸化塩素ガス中の塩素を原料塩素酸ナトリウム溶液で洗浄して、反応系に還流して収率を上げることが工夫された^{16,17)}。このような改良を施された方法は、わが国では新マチソン法と呼ばれ、この方式による設備が1959年以来、保土谷化学の手により各パルプ会社に続々と設置された。

5. 省力化

人件費の高騰していく世の中においては、労働生産性のよいプロセスが望まれる。開発の目標は、収率がよくて、安定で、熟練運転員を必ずしも要しないプロセスということになる。

R-2法(ラブソンの発明した2番目のプロセスという意味)は、前述の二酸化塩素発生機構の解明に付随して開発された方法である。すなわち、ラブソンは、二酸化塩素発生素反応の一つとして

を考え、さらにこの生成物から次式

の反応により、二酸化塩素が生成すると推論した¹¹⁾。

この反応機構の推定が正しいと仮定すれば、亜硫酸のような還元剤は不要で、塩素イオンがあれば、二酸化塩素は発生するわけであり、それを証明し、実用化したのが、R-2法であるといえる。(図1)

その総合された反応式は、

であり、1958年に発表された^{18,19)}。

この方法では(1)式がなるべく多く起るような適当な反応条件を選び、適切な反応器管理を行なえばよい。これによって二酸化塩素の収率が99%以上となる。

この方法の特長として第1に、運転の簡単さがあげられる。絶体流量制御の困難なガス原料を使用する亜硫酸法に比し、塩素酸ナトリウムと食塩の混合水溶液ならびに硫酸という2種の液体原料だけを使用し、かつその流量調節で二酸化塩素の発生量をコントロールすることができる。一方、例えば亜硫酸法では塩素酸ナトリウムと硫酸以外に二酸化硫黄ガスの濃度、温度、圧力、流量の4変量を制御しなければならない煩雑さがある。第2に反応の応答が早いということである。原料の仕込率を変えると、15~20分で定常発生状態になるという特性は、亜硫酸法に比較して格段に早い。そしてその発生量のレンジアビリティも広く、高収率を広い範囲にわたり保持することができる。

R-2法はこのような特長を持っているため、発表以来採用工場は次第に増加し、北アメリカ大陸においては、二酸化塩素生産量の70%がこのR-2法によるといわれる。わが国では、日本カーリットによって建設されたプラントが多い。

6. 脱公害への指向

R-2法はこのようにいいことづくめのように見えたが、その普及の足を引っばる欠点が隠されていた。それは反応器より排出される酸が多いことである。

反応収率を上げようとする、反応液組成として10~10.5Nという強酸性で反応せねばならず、連続混合流れの反応槽より排出される廃液中の酸濃度もこれに等しい。その量は二酸化塩素トン当り硫酸として3.3トン前後である。二酸化塩素発生装置を持つクラフトパルプ工場は、用水型の工業であって、排水量も多いが、これだけの酸が下水に放流されると、たちまちpHは下がり、排出基準を逸脱してしまう。

6・1 従来の廃酸利用方法の難点

二酸化塩素発生装置よりの廃酸の利用には、従来いくつかの方法が行われて来た。

アメリカ南部の針葉樹を原料とするパルプ工場では、黒液(蒸解廃液で、濃縮後燃焼して薬品回収をする)からトール油を酸析するため、廃酸を使用することが行われている。しかしわが国では、広葉樹を原木とするパルプが大部分であるため、トール油はほとんど産出しないので、アメリカ流のこの方法は適用できない。

わが国でもいくつかの工場で行われているのは、蒸解薬品の補給用芒硝の代りに使用する方法である。しかし蒸解薬品系に硫酸を多量に投入すると、その主成分である硫化ソーダと苛性ソーダのバランスが崩れ、硫黄化合物が多くなってくる。硫化度の上昇は、排煙中の硫黄化合物の増加を意味し、不経済であるばかりでなく、大気汚染の原因ともなる。さらに重油を燃焼して、自家発電を行っているパルプ工場では、排煙脱硫により硫黄化合物の回収を行った場合は、芒硝のバランスは大きく余剰の方に傾き、ますます二酸化塩素廃酸の用途は無くなってしまふ。

この蒸解薬品系に廃酸を投入することのもう一つの欠点に、塩素イオンの問題がある。廃液の中には、未反応あるいは中間生成物としての塩素イオンや熱分解により容易に塩素イオンになる塩素酸イオンが存在する。蒸解用薬品はリサイクルしているから、その中の塩素イオンのレベルはどんどん上ってくる。塩素イオンの増大は、装置のより早い腐食を意味し、保全上の問題が出てくる。

6・2 深冷回収法^{20,21)}

このような二酸化塩素発生装置の欠点を補うために開発されたものの一つに深冷回収法がある。硫酸と芒硝の混合水溶液である廃液に、ナトリウムイオンと水分を補給し、液組成を結晶芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)が晶出する領域にし、 -25°C 程度まで冷却・結晶分離を行い、酸分は反応器に還流する。いっぽう反応液の一部は蒸発器に導入し、余剰水分を蒸発させ、水バランスを保つようにする。

この方法をとると、硫酸の原単位が向上するばかりでなく、より純度のよい芒硝がえられるなど、多くの利点がある。しかし大容量の冷凍機を使用したり、エバポレーターが必要だったりして、回収工程が煩雑になり、R-2法の運転が簡単で、設備費が安いという長所を減殺してしまうので、未だこの回収法を採用した工場はない。

6・3 SVP法

アメリカの Hooker Chemical Corp. は、これらの欠点を克服するため、1960年代の初めから新しい方法の研究に着手した。ラブソンのアイディアに基づき、R-2

図2 SVP法二酸化塩素発生装置フローシート

法と同じ化学反応式を利用するもので、R-2法よりも低酸度、より高い温度、より高真空を使用するという反応条件で、単一の容器で反応・水分蒸発・無水芒硝晶出を同時に行う新しい方法を確立した^{22,23)}。単一の容器で一挙に三つの工程を行うので、このプロセスは Single Vessel Process と名付けられた(図2)。この方法は1969年11月 Virginia 州 Franklin にある Union Camp の工場において、実プラントが稼動を始め、予期以上の高収率で、設計能力どおりの発生量を出し、また期待どおりの純度の無水芒硝を生産し、好成績をおさめた。ここにおいて、酸の排出量がゼロのプラントが生れたわけである。

日本における SVP 法の第 1 号機は保土谷化学の手により山陽国策パルプ・岩国工場に建設され、1973 年 1 月より運転を開始した。

SVP のもう一つの特長に、カスケード運転が可能であることがあげられる。これは既設の二酸化塩素発生装置と連携して、既設反応器より排出される廃硫酸（R-2でもマチソン法でもよい）を原料として有効に利用し、高収率で二酸化塩素をえる方法である。これは SVP が水分を蒸発させる機能を持っているからできるのであって、マチソンあるいは R-2 法では、反応液の必要酸度を保持し、廃液量を極少にするためには、濃硫酸を使用

しなければならないのに比し、大きな利点となっている。

また既設プラントから出る廃液には上述の硫酸と芒硝以外に、未反応の塩素酸ナトリウムが若干含まれている。SVP 法以外の従来法では、未反応塩素酸塩は流出して損失となるが、SVP 法では未反応塩素酸塩を含む廃酸が反応器に入るため、有効に回収利用される。

このようにカスケード運転は、硫酸の原単位を下げ、製造原価を低減させるだけでなく、既設プラントの廃液処理まで同時にやってしまうことになる。

7. 将来の課題

7・1 芒硝の問題

パルプ工場で、アルカリ性である白液で排煙を洗浄するスクラパーの設置や、黒液の酸化による硫黄化合物逸散防止策がとられてくると、硫黄のロスはますます減り、二酸化塩素発生装置からの副生芒硝も、だんだん邪魔者扱いとなる。そうすると当然廃酸を出さないという特長を持つ SVP にしても、芒硝の生成量をもっと減らしたいという要求が出てくる。

二酸化塩素を多量に消費するが、芒硝は全く不要なバルブ製造プロセスも、パイロット規模で研究されている。このような点で、芒硝の副生しない二酸化塩素発生装置

が、今後開発ならびに商品化の対象となるであろう。

7・2 上 水 用

二酸化塩素は漂白ばかりでなく、上水道の殺菌処理にも使用されている。とくにアメリカでは、湖の水を浄化して飲料水にしている所がかなりあるが、塩素滅菌すると処理水には原水にはなかった特異臭が出ることもある。このような時、二酸化塩素で滅菌すると、このトラブルがなく、都合がよい。しかし浄水場で有害な廃酸やその他の廃棄物が出ることは許されず、小型無公害発生装置が、今後開発されるようになるかも知れない。

7・3 より高収率に

この小論で述べてきた二酸化塩素発生方法は、すべて理論的には塩素酸ナトリウム1モルから二酸化塩素1モルができる反応を使用して来た。中森ら²⁴⁾によると、5モルの塩素酸ナトリウムから、6モルの二酸化塩素ができる反応があり、従来どおりの計算方法でいくと、収率120%が可能ということになる。この反応を利用する装置が実現すると、二酸化塩素の製造コストもさらに下がり、ますます多量に使用されるようになるであろう。

む す び

二酸化塩素発生装置は、他の化学品製造プロセスと同様に、その時代の要請により、移り変って来たことを、かいつまんで述べたが、パルプ蒸解薬品との関連についての解説部分で、簡潔すぎて理解しがたい所があったの

ではないかと恐れている。また筆者の思い違いがあるかもしれない。大方のご叱正をお願いする次第である。

引 用 文 献

- 1) 化学工学, 36, No.8, 48 (1972)
- 2) 防災指針, 19, 二酸化塩素, 日本化学会
- 3) Chenevix, R.: *Nicholson's J.*, 171 (2), 229 (1802)
- 4) Davy, H.: *Phil. Trans.*, 101, 155 (1811)
- 5) Millon, N.A.E.: *Ann. Chem. Phys.*, 1, (3) 298 (1843)
- 6) Schmidt, E.: *Ber.* 54 B: 3111 (1921)
- 7) Schmidt, E.: French Pat. 550,213 (1922)
- 8) Woodside, V. and MacLeod, K. S.: *Paper Trade J.*, 137, 26 (1955)
- 9) ラブソン: 紙パ技協, 24, No.6, 39 (1967)
- 10) Kesting, E.: *TAPPI*, 36, 166 (1953)
- 11) Rapson, W.H.: *TAPPI*, 39, 554 (1956)
- 12) Eino Uusitalo: *Paperi ja Puu*, 44, No.4, 235 (1962)
- 13) Taube, H. and Dodgen, H.: *J. A. C. S.*, 71, 3330 (1949)
- 14) Northgraves, W.W. and Nicolaisen, B.H.: USP No. 2,895,801
- 15) 日本特許 278,962
- 16) 日本特許 262,012
- 17) 日本特許 261,123
- 18) Rapson, W.H.: *TAPPI*, 41, 118 (1958)
- 19) Partridge, H.D. and Rapson, W.H.: *TAPPI*, 44, 698 (1961)
- 20) Scribner, H.S. and Rapson, W.H.: *Pulp and Paper Mag. Can.*, 65, 297 (1964)
- 21) 日本特許 498,206
- 22) Partridge, H.D., Atkinson, E.S. and Schulz, A.C.: *TAPPI*, 54, 1484 (1971)
- 23) Partridge, H.D. and Atkinson, E.S.: *Pulp and Paper Mag. Can.*, 73, T 203 (1972)
- 24) 中森, 山崎, 大浦: 日本化学会年会講演番号 3H 31 (1972)
- 25) 浅岡, 長沢: 繊維学会誌, 30, P-199 (1974)

—つづく—

書 評

「化学プラント設計の基礎」

権 藤 登 喜 雄 著

170 頁 2,500 円

1974 年 東京化学同人

化学プラントには化学プロセス面のみならず安全性、環境維持のほか経済性など多岐にわたる要求がなされ、その設計・建設の遂行には各種の専門知識や技術が有機的に結集具象化される必要がある。従って合理的・組織的な計画運営のため、プロジェクト態勢をとりプラントエンジニアリングの技法を採用することが一般化してきた。それらがどのように進められるか、設計・建設に直接携わる方々のみでなく間接に関係する方々も理解しておく必要がある。

本書は、プロジェクトエンジニアリングについて、豊富な図表、データとともに極めてわかり易く説明がなされ、全般的に理解できるようになっている。

第1章では、プロジェクトエンジニアリング実務概説とともに組織編成、管理内容とその重要性をのべて全体を把握せしめ、第2章および第3章においてプラントの基本設計、詳細設計に

ついてかなりの頁数を割いて記述し、第4章ではプロジェクトの各段階における精確の必要に応じた各種の建設費積算法があることを教えている。

「本書の目的はプロジェクトエンジニアリングに関連のある方々に化学プラントの設計・建設のあり方を理解して貰うことにある。プロジェクトエンジニアを希望する方々には入門書にすぎないであろう」と著者も述べておられるように、本書は格好の入門書として推薦したい。またプロジェクトエンジニアを志す方は、本書で基本的なことを把握されたのちに専門書や文献で詳しく勉強されることをお勧めする。

全170頁にわたって要領よくまとめられており、それは著者が永年プロジェクトエンジニアリングに携わる一方東京大学工学部で講義をされてこられたご経験によるものと敬意を表したい。